

강도현 그룹장
산업전기연구단
Mechatronics 연구그룹
dhkang@keeri.re.kr

1. 서론

국민생활 수준의 향상과 지속적인 경제성장으로 전력수요가 계속 증가추세로서, 현 상태가 지속될 경우 최대전력이 '99년도에 5,200만kW로 2010년까지 계속 증가할 전망이다.

이중 전동기에서 소비하는 전력은 판매 전력량의 약 54%정도로 에너지절약 가능 잠재량이 가장 많은 것으로 평가된다.

따라서 부존자원이 빈약한 우리 나라의 실정에서 수요관리(Demand-Side Management)를 강화하여 전력수요를 조절하는 것은 매우 중요한 사항으로 전력수요관리를 극대화 할 수 있는 에너지절약형 전동기(고효율 전동기)기술개발사업을 추진하여야 한다. 이에 국내외 고효율 전동기 현황과 고효율 전동기 장기 기술 개발 계획, 고효율 전동기 개발시 기대효과 등을 서술한다.

2. 해외 고효율 전동기 개발 현황

2-1. 미국

미국에서는 이미 전동기의 고효율화에 의한 에너지절약 효과를 높이기 위해 법적 규제와 전력 회사의 보조에 따라 고효율 전동기를 급속하게 보급시키고 있다. 미국의 전력회사에서는 1980년대 말, 전력공급 부족 대책으로 전력소비 사용자를 대상으로 고효율 전동기의 채용을 촉진하는 리베이트(rebate) 프로그램을 도입하여 보급을 도모해 왔다. 1992년에는 지구 온난화 방지 환경 보전의 에너지절약 관점에서 고효율 전동기의 법제화[Energy Policy Act of 1992:EPAct]가 발표되었다.

〈표 1〉 고효율 전동기 채용시의 리베이트 프로그램의 사례

최저효율(%)	84.0	88.5	94.1
리베이트(\$)	6	12	68

1980년대 말 캐나다의 전력회사로부터 전력을 구입하고 있는 미국의 전력회사는 전력공급부족 대책으로서 고효율 전동기를 채용하는 사용자를 대상으로 일반 전동기와 고효율 전동기와의 가격 차액을 보충하는 리베이트(rebate) 프로그램을 도입하였다.

〈표 1〉은 고효율 전동기 채용시 리베이트의 사례이다.

1992년에 미국 에너지부(Department of Energy)로부터 EPAct의 법제화가 발표되었다.

이 법률 중에 전동기 효율치에 대한 규제가 이루어졌다. 법제화에 따라 이제까지 리베이트에 의한 고효율 전동기의 보급 촉진은 폐지되고, 반대로 법률에 정해진 효율치를 만족하지 않는 전동기에 대해 벌금을 부과함에 따라 법제화 후, 5년의 유예기간을 거쳐 1997년 10월 24일 이후, 규제가 시작되었다.

이 규제는 기준 효율치를 만족시키지 않는 전동기, 또는 전동기가 조립된 제품이 미국에서 생산 판매되는 것 및 미국 이외의 국가에서 수입되는 것을 규제 대상으로 하고 있다.

2-2. 일본

일본에서도 고효율 전동기 보급을 위한 조직이 정부 및 민간에 설치되고 에너지절약 효과가 큰 고효율 전동기가 범용 기기를 대체할 것을 기대하고 있다. 1997년 4월에 발표된 종합 에너지 대책 추진 관련 회의의 「2000년으로 향한 종합적인 에너지 절약 대책」에서는 고효율형 전동기의 JIS의 제정에 대해 검토하는 것이 명기되었다.

1997년 10월에는 미국 에너지 정책법에 의한 전동기의 효율 규제가 실시되고, 미국으로 수출되는 기계 등에 조립된 전동기에도 규제가 적용되면서 일본 산업계에서도 고효율형 전동기가 주목을 끌고 있다.

이와 같은 내외의 움직임 가운데 1997년 10월에는 일본전기공업회가 고효율형 전동기의 PR용 팸플릿을 작성하고 전동기 메이커도 각종 전시회(시스템 컨트롤 페어 97, 제22회 지구 환경과 에너지의 조화 : ENEX '98)에서 고효율형 전동기를 소개하는 코너를

설치하여 고효율형 전동기의 보급에 적극적 대응하고 있다.

또, 한편으로는 기후변동 패널 조약 제3회 체결국 회의의 합의에 따라 지구 온난화 방지책으로서 에너지 사용의 합리화에 관한 법률(에너지 절약법)의 개정에 의해 에너지 사용량이 많은 공장(제1종 에너지 관리지정공장 : 현행의 에너지 관리지정공장)에 대해 에너지 사용 합리화에 관한 장래 계획의 제출을 의무화하고 에너지 절약 편성을 촉진하는 조치를 취하였다.

중규모의 에너지 소비 공장, 사업장(제2종 에너지 관리지정공장 : 법률로 지정)에 대해서도 에너지 절약을 위한 조치(에너지 관리원의 선임, 에너지 절약 강습 수강 의무, 에너지 사용상황의 기록 의무)를 취하는 것 등이 추진되고 있다.

2-3. 유럽

유럽에서도 1970년대 석유가격이 인상됨에 따라 본격적으로 고효율전동기 개발을 각 maker 중심으로 수행해왔으나, 가격상승 문제, 홍보 부족 등으로 고효율 전동기가 확산되지 않고 있으나 최근 지구온난화 문제 등으로 관심을 고조시키고 있다. 유럽에서 고효율 3상 농형 유도전동기 확산을 위해 1997년부터 고효율 전동기 경진대회를 개최해 오고 있다.

〈표 2〉 2010년 유럽에서 고효율 3상 유도전동기 보급시 절약가능 에너지량

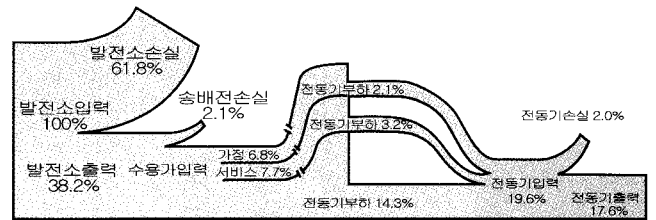
전동기 용량 (kW)	에너지 절약량 (TWh)	에너지절약 가능량 (TWh)
0.75~7.5	80	253 (17.7%)
7.5~37	90	213 (5.6%)
37~75	93	130 (2.0%)
75이상	95	276 (3.0%)
계	892	27.6(3%)

〈표 2〉에서 2010년 유럽에 고효율 3상 유도전동기를 보급할 경우 평균 3%의 효율향상으로 27.6[TWh]의 전력량을 절감할 수 있다. 변환장치를 사용하여 구동장치로 이용할 경우 많은 전력량이 절감가능한데, 전력변환장치의 가격이 많이 하락할 경우 약 128[TWh]의 전력량 절감이 예상된다.

3. 국내 고효율전동기 개발 현황

전동기 고효율화에 의한 에너지 절감효과와 그의 파급효과를 파악하기 위해서 전동기에서 소비되는 전력량을 정확히 산정할 필요성이 있다. 〈그림 1〉은 국내전력 산업의 에너지 흐름이고 〈그림 2〉는 사용 전력량에 대한 전동기 부하이다(총 사용 전력량 : 182,470Gwh, 1996년 기준).

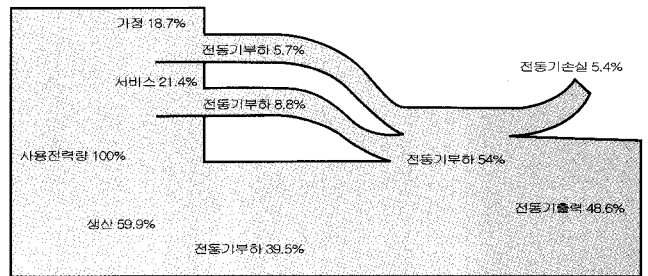
〈그림 1〉 국내 전력 산업의 에너지 소비



〈그림 2〉에서 국내 전력 소모량을 검토하면서 3분하였는데 주택용 부하 18.7%, 서비스분야(공공용, 전기사업자, 수도, 전철, 상가 및 기타) 21.4%, 제조-생산분야(농림-어업, 광업, 식료품, 섬유, 제재-목재, 제지-인쇄, 석유-화학, 요업 1차금속, 기계-장비, 기타) 59.9%로 나타났다.

가정용중 전력 중 전동기가 30%의 부하를 분담하고 있고, 서비스용 전력 중 전동기가 41%의 부하를 분담하고 있고, 제조-생산용 전력 중 전동기가 66%의 부하를 분담하고 있다.

〈그림 2〉 사용 전력량에 대한 전동기 부하 (총 사용 전력량 : 182,470Gwh, 1996년 기준)



따라서, 전동기 사용전력량은 총사용 전력량의 54%를 차지하고 있다.

일반적으로 전동기 손실은 입력의 10%로 계산하고 있는데 총 사용 전력량에 대한 전동기 부하는 1996년 기준 182,470GWh 이다.

현 국내 전동기 산업계는 전동기 설계, 제작기술 및 기술 인력의 미비로 업체의 적극적인 연구개발의 욕이 결여되고, 고효율 전동기의 보급환경이 좋지 않으며, 또한 장기적인 기술개발 프로그램이 결여된 상태이다. 특히 중소기업체에서 설계 및 해석능력이 미흡하고 기생산중인 표준품은 문제없으나 설계변경이 곤란하며 사용자측에서 고효율 전동기 사용 동기 유발이 결여되어 있다.

국내의 3상 유도전동기를 고효율화 하기위해 정부 주도하에 산·학·연이 중심이 되어 국내 대표 보급품인 5HP, 20HP, 50HP급에 대해 자성 웨지 이용기술, 절연기술, 다이캐스팅 기술, 철심코아 열처리 기술, 무방향 전기강판 개발, 가공조립기술, 기반기술, 보급방안에 대해 연구를 성공적으로 수행하였으나 국내 전동기 생산 업체들에게 충분히 인식되지 못하고 있는 실정이다.

정부와 산업계에서도 이와 같은 상황을 인식하여 공급규격 KSC 4202, KSC 4203에서도 고효율 효율치를 신설하였으며, 현대중공업, LG산전, 효성중공업 등에서 고효율 전동기를 개발하여 소량이나마 외국에 수출하고, 국내시장에도 판매하고 있다.

국내 고효율 전동기 개발 사업경위를 요약하면 산업자원부/에너지관리공단/에너지자원기술개발지원센터의 지원 하에 정부 주도 사업으로 추진되어 "고효율 유도전동기 기술개발을 위한 연구(1993년 12월 ~ 1996년 12월)"가 수행되었고 에너지자원기술개발지원센터의 "에너지기술사업단-고효율 전동기 분야"에서 연구계획 및 기획사업을 수립하였다.

4. 국내 고효율 전동기 개발 장기 계획

최근의 해외 선진 기술개발 동향은 전력 변환기술,

영구자석 재료, 철심 재료, 설계기술의 발전에 따라 영구자석여자 동기전동기, Reluctance 전동기, BLDC 전동기, 횡축형 전동기, Disc형 전동기 등 여러형태의 고효율 전동기가 개발되고 있으며 앞으로 이 분야는 고효율 전동기 개발의 가장 많은 가능성을 가지고 있다. 전동기의 고효율화는 설계, 해석, 재료, 생산기술에 따라 크게 의존하고 있는데, 이들의 새로운 기술 발전에 따라 에너지 절약형 전동기 개발이 가능하게 되었다.

전력 변환 장치 분야에서는 IGBT와 같은 새로운 저손실 소자의 등장과 스위칭 기술, 제어기술의 발달로 고조파 전류를 감소시키거나 역률을 개선 시켜 고효율화를 추구하고 있다.

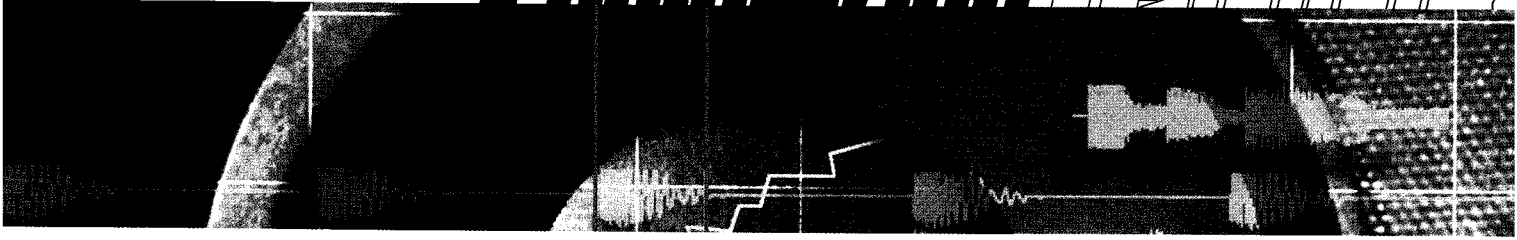
특히 수송 수단에서의 전동력 장치, 예를 들면 고효율과 고효율의 전동기가 필요한데, 일본에서는 차세대 고속전철 NEXT 250에 유도전동기 대신 영구자석 여자 동기전동기를 채택하여 효율을 6.3% 향상시켰고 독일의 차세대 고속전철 ICE21에서는 영구자석여자 횡축형 전동기를 채택한 직축구동방식으로 추진 시스템의 중량을 절반으로 줄이고자 한다.

한편 전기자동차용으로 고효율 영구자석여자 동기전동기가 개발되어 판매되고 있다. 이상의 기술개발동향을 고려할때 전동기 분야에서는 다음과 같은 방향의 기술개발이 추진되어야 할 것으로 사료된다.

5. 결론

전동기 관련 기술이 성능 위주로 발전되어 왔으나, 한편 에너지 자원 고갈 문제, CO₂ 과다 방출에 의한 지구온난화 문제가 심각히 대두됨에 따라 정부와 산업체는 에너지 공급 위주의 정책에서 에너지 수요관리로 정책으로 변경하고 있다.

특히 에너지 수입 의존도가 높은 국내의 경우 에너지 자원의 효율적인 사용이 더욱 더 절실하게 되었다. 국내 소비 전력 중 약 54% 정도가 전동기에서 소비되고 있기 때문에 전동기의 고효율화를 위해 많은 정부의 지원과 산업계의 관심이 필요하며, 국내 사용



<표 3> 고효율 전동기 기술개발 대상

개발기전 항목	개발·보급 추진내용
산업용 고효율 유도 전동기 개발보급(효율 5% 향상)	<ul style="list-style-type: none"> . 고효율 유도전동기 설계 규격화 개발 . 전동기용 보급형 고효율 전기강판 개발 . 고효율 유도전동기의 용량별 실증운전 및 유지보수 지침개발 . 유도전동기 리베이트 적용방안 연구 <p>※ 고효율 전동기에 대한 리베이트 시행으로 2005년까지 시장점유율 50%로 상향</p>
유도전동기 인버터 적용확산 기술개발 (전동기 운전효율 25~30% 향상)	<ul style="list-style-type: none"> . 유도전동기용 인버터 성능평가기준 개발 . 최적 인버터구동 알고리즘 모듈화 개발 . 유도전동기 속도제어장치의 용량별 실증운전 및 유지보수 지침 개발 . 유도전동기 인버터의 리베이트 적용방안 <p>※ 유도전동기 인버터에 대한 리베이트 시행으로 2005년까지 인버터 채용율 50%로 확대</p>
BLDC 전동기 가전제품 시리즈화 적용 (에너지효율 10% 향상)	<ul style="list-style-type: none"> . 가전제품 구동 BLDC 전동기의 저가화 표준모델 개발 . 가전용 BLDC 전동기 구동부 IC화 개발 . 가전용 BLDC 전동기의 성능평가기준 개발 <p>※ 신제품 출시 BLDC 채용토록 강력 유인 2005년까지 10%로 시장점유율 상향</p>
고출력 영구자석 동기전동기 개발 (효율 2~7% 향상)	<ul style="list-style-type: none"> . 영구자석 동기전동기 및 구동장치 표준모델 개발 . 영구자석 동기전동기 채용 엘리베이터의 개발 . 소형차량 견인용 영구자석 동기전동기 및 구동장치 개발 <p>※ 엘리베이터, 수송용 등 2010년까지 개발품 시장보급 10%로 유인</p>

전동기를 5% 고효율화할 경우 효과를 요약하면 다음과 같다.

● 에너지 절약

총 전력 사용량(262,152 GWh : 1999년 기준) × 전동기의 전력사용 비율(54%) × 효율향상 목표(5%) = 7,090 GWh(년간)

● 에너지 절감액

7,090 GWh(1999년 기준) × 판매단가 70,000,000(원/GWh)
= 4,963억(년간)

● 발전용량 감소(2010년 기준)

총 예상 발전용량(6,564만 kW) × 전동기 전력사용비율(54%) × 효율향상 목표(5%) = 177만 kW(고리원자력 1호기 3기에 해당함)

● 전동기 관련업계

● 품질의 고급화 및 고효율화로 국제경쟁력 확보

● 전동기관련 기전동기관련 기반기술 확보

● 중국의 저가 저효율 전동기 수입 억제

● 소비자

초기 전동기 구입비는 고가(약 140%)이나 전력요금 절감으로 2~3년 후 가격보상 가능